



JPW

Attorney Docket No. 1344.1137

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Yasushi SUGAYA, et al.

Application No.: 10/798,267

Group Art Unit: 3663

Filed: March 12, 2004

Examiner: TBA

For: OPTICAL AMPLIFIER PROVIDED WITH CONTROL FUNCTION OF PUMPING LIGHT, AND
OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM USING THE SAME

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicants submit herewith a
certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application Nos. 2003-068289, 2003-081796, 2003-092873

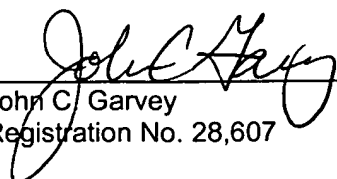
Filed: March 13, 2003, March 25, 2003, March 28, 2003 respectively

It is respectfully requested that the applicants be given the benefit of the foreign filing date as
evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C.
§ 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 6-14-04

By: 
John C. Garvey
Registration No. 28,607

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 3 日
Date of Application:

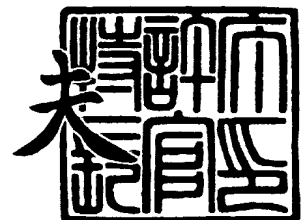
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 6 8 2 8 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 6 8 2 8 9]

出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 7 5 6 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 0253139

【提出日】 平成15年 3月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/00

【発明の名称】 接続損失検出機能を備えた光増幅器

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 西原 真人

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 菅谷 靖

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 林 悦子

【特許出願人】

 【識別番号】 000005223

 【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100078330

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 笹島 富二雄

 【電話番号】 03-3508-9577

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009232

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9719433

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】 接続損失検出機能を備えた光増幅器****【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

励起ユニットで発生する励起光を光増幅媒体に供給して信号光の増幅を行う光増幅器において、

前記励起ユニットおよび前記光増幅媒体の間の光路に対して信号光とは異なる測定光を入射し、前記光路内で発生する前記測定光の反射光および後方散乱光に基づいて、前記光路上に存在する 1 つ以上の接続点における接続損失を測定する接続損失測定部と、

該接続損失測定部で測定される接続損失に応じて、前記励起ユニットによる励起光の供給状態を制御する制御部と、

を備えて構成されたことを特徴とする接続損失検出機能を備えた光増幅器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、光時間領域反射法を利用して前記光路の長手方向についての損失分布を測定することを特徴とする光増幅器。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、光周波数領域反射法を利用して前記光路の長手方向についての損失分布を測定することを特徴とする光増幅器。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の光増幅器であって、

前記励起ユニットは、前記光増幅媒体を伝搬する信号光をラマン効果により増幅することが可能な励起光を生成して、該励起光を前記光増幅媒体に供給することを特徴とする光増幅器。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、接続損失の測定時に、前記励起ユニットに含まれる励

起光源の駆動方式を通常運用時とは異なる駆動方式に切り替えることによって発生する励起光を前記測定光として使用することを特徴とする光増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光路上に存在する接続点の損失を検出する機能を備えた光増幅器に関し、特に、パワーの大きな光の通過時に発生する光ファイバの破壊を招くような接続状態を検出して励起光の供給状態を制御する光増幅器およびそれを用いた装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光増幅器は光伝送システムの大容量化、長距離化に大きな役割を果たしており、様々な研究開発が行われている。光増幅器の実現手法としては、希土類ドープ光ファイバ増幅器や半導体光増幅器、ラマン増幅器に代表される非線形増幅器が挙げられる。このような光増幅器からは大きなパワーの光が出力されることになるため、例えば、光増幅器の出力端に位置する光コネクタの外れや、光出力端に接続される光路の切断等により、大きなパワーの光が外部の空間に放出されて人体に損傷を及ぼす可能性がある。

【0 0 0 3】

このような状況の発生を防ぐための従来技術として、例えば、光増幅器の出力側光コネクタおよびそれに接続される光路からの反射戻り光を測定し、その結果に基づいて光増幅器の出力光が外部空間に放出されていないかを検知する機能を光増幅器に付加することが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 4】

ところで、一般的なフィジカルコンタクト（Physical Contact；P C）接続方式の光コネクタは、フェルール端面に付着した不純物（例えば、塵、埃、油膜など）や傷によって接続特性が劣化する。この接続特性が劣化した状態の光コネクタに対して大きなパワーの光が透過すると、多重反射によるエネルギー集中によって、ファイバフューズ（Fiber Fuse；F F）現象と呼ばれる光ファイバの破壊

が発生することが報告されている（例えば、非特許文献 1、2 参照）。

【0 0 0 5】

上記の F F 現象について簡単に説明すると、例えば図 1 7 に示すように、光コネクタ 1 0 0 のフェルール 1 0 1 端面に不純物や傷が存在する場合、光ファイバ 1 0 2 内を伝搬する光が不純物や傷によって乱反射される。このとき、乱反射される光のパワーが大きいと、光の吸収によってフェルール 1 0 1 と光ファイバ 1 0 2 を接着するエポキシ樹脂接着剤 1 0 3 の温度上昇が大きくなり、接着の状態が不安定になる。その結果、光コネクタ 1 0 0 の P C 接続が不安定となって F F 現象を引き起こす一因となる。したがって、パワーの大きな光が通過する光コネクタについては、特に慎重な接続損失の管理が必要となる。

【0 0 0 6】

【特許文献 1】

特開平 9 - 6 4 4 4 6 号公報

【非特許文献 1】

D.P. Hand, et al., "Solitary thermal shock waves and optical damage in optical fibers: the fiber fuse", Optics Letters, Vol.13, No.9, pp.767-769, Sep. 1988

【非特許文献 2】

R.Kashyap, et al., "OBSERVATION OF CATASTROPHIC SELF-PROPELLED SELF-FOCUSING IN OPTICAL FIBRES", Electronics Letters, Vol.24, No.1, pp.47-49, January 1988

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前述したような従来の技術を適用した光増幅器では、出力される信号光の反射戻り光、すなわち、出力側の光コネクタが外れた場合にコネクタ端面で発生するフレネル反射光を測定することによって、光コネクタが外れているか否かが検知されるため、上記のような不十分な接続状態にある光コネクタで発生する F F 現象による光ファイバの破壊までを確実に検知することができないという問題点がある。

【0 0 0 8】

具体的に、光コネクタの端面に付着した不純物は、光コネクタを通過する光の吸収体となる場合があり、その光の吸収により光コネクタの温度が上昇して光ファイバが破壊される可能性がある。このような光コネクタの端面に付着した吸収体からは反射光が発生しないため、従来のような反射戻り光を利用した方式では、上記のような光ファイバの破壊を検知することができない。光ファイバの破壊が発生した光コネクタでは、接続損失が増大して所望の伝送特性が得られなくなり、さらに、光ファイバの破壊が進行して大きなパワーの光が外部空間に放出されるようになれば人体に損傷を及ぼす虞もある。

【0 0 0 9】

また、従来の光増幅器については、出力側における反射戻り光の測定結果を基にして出力側光コネクタの外れや光路の切断等を検知する構成であるため、入力側から大きなパワーの励起光が出力されるラマン増幅器への対応が困難であるという課題もある。

【0 0 1 0】

ラマン増幅器は、光伝送システムの長距離化に向けて欠かせない技術として近年注目されており、例えば図 1 8 に示すように、励起ユニット 1 1 0 の励起光源 1 1 1 で発生する励起光 L_p を WDM カプラ 1 1 2 を介して増幅用ファイバ 1 1 3 に供給することで、非線形現象であるラマン効果を利用して増幅用ファイバ 1 1 3 を伝搬する光を増幅して出力する。このラマン効果は、励起光の周波数よりも 13.2 THz 低い周波数に利得ピークが発生する現象であり、 $1.5 \mu\text{m}$ 帯では励起光波長から約 100 nm 長波長側に離れた波長帯の光が増幅される。ラマン増幅器に適用される増幅用ファイバ 1 1 3 としては、例えばシングルモードファイバ等の伝送路ファイバや非線形係数の高いラマン増幅用ファイバなどが用いられる。

【0 0 1 1】

このようなラマン増幅器は、励起光波長の選択によって任意波長の利得が得られることが 1 つの特徴であり、複数の励起光を用い、各々の波長およびパワーを調整することによって任意の利得波長特性を得ることができる。一方、ラマン増

幅器は、希土類ドープ光ファイバ増幅器と比較すると効率が小さく、所望の出力パワーを得るためには数100mW～数Wの大きなパワーを持つ励起光 L_p が必要となる。実際にラマン増幅器を運用する際には、大きなパワーの励起光 L_p が増幅用ファイバ113に出力されることになるため、図18における入力側の光コネクタ114の接続状態を監視することが重要になる。そして、接続状態の劣化が認められた場合は、励起光を停止あるいは低下させる必要がある。

【0012】

しかしながら、前述した従来の光増幅器では、その構成が入力側の光コネクタの外れについて対応しておらず、また、前述した出力側の光コネクタの場合と同様に、入力側の光コネクタで発生するFF現象による光ファイバの破壊までを検知することも困難である。

【0013】

本発明は上記の点に着目してなされたもので、光路上の接続点における接続状態の劣化を正確に検出して、当該接続点を通過する光のパワーを確実に制御できる光増幅器およびそれを用いた装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明にかかる接続損失検出機能を備えた光増幅器は、例えば図1の基本構成図に示すように、励起ユニットAで発生する励起光 L_p を光増幅媒体Bに供給して信号光 L_s の増幅を行う光増幅器において、励起ユニットAおよび光増幅媒体Bの間の光路に対して信号光 L_s とは異なる測定光 L_m を入射し、その光路内で発生する測定光 L_m の反射光および後方散乱光に基づいて、光路上に存在する1つ以上の接続点における接続損失を測定する接続損失測定部Cと、その接続損失測定部Cで測定される接続損失に応じて、励起ユニットAによる励起光 L_p の供給状態を制御する制御部Dと、を備えて構成されるものである。

【0015】

かかる構成の光増幅器では、励起ユニットAおよび光増幅媒体Bの間に存在する1つ以上の接続点における接続損失が、信号光 L_s とは異なる測定光 L_m の反

射光および後方散乱光に基づいて測定され、その測定結果に応じて制御部Dにより励起光L_pの供給状態が制御されるようになる。これにより、接続点での光コネクタ外れの検知だけでなく、FF現象による光ファイバの破壊を招くような接続状態の異常を正確に検出することができ、接続点を通過する励起光L_pのパワーを確実に制御することが可能になる。

【0 0 1 6】

また、上記の光増幅器について、接続損失測定部Cの具体的な構成としては、光時間領域反射法または光周波数領域反射法を利用して、励起ユニットAおよび光増幅媒体Bの間の光路の長手方向についての損失分布を測定するようにしてもよい。さらに、励起ユニットAの具体的な構成としては、光増幅媒体Bを伝搬する信号光L_sをラマン効果により増幅することが可能な励起光L_pを生成して、その励起光L_pを光増幅媒体Bに供給するようにしてもよい。

【0 0 1 7】

また、上記の光増幅器の接続損失測定部Cについては、接続損失の測定時に、励起ユニットAに含まれる励起光源の駆動方式を通常運用時とは異なる駆動方式に切り替えることによって発生する励起光を測定光L_mとして使用するようにしてもよい。このような構成では、測定光の光源として励起光源が利用されるようになるため、光増幅器の構成の簡略化および低コスト化を図ることが可能になる。

【0 0 1 8】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、全図を通して同一の符号は同一または相当部分を示すものとする。

【0 0 1 9】

図2は、本発明の第1実施形態による接続損失検出機能を備えた光増幅器の構成を示すブロック図である。

図2において、本実施形態の光増幅器は、例えば、前述の図1に示した基本構成における励起ユニットAとしての励起光源10およびWDMカップラ11と、光増幅媒体Bとしての増幅用ファイバ20と、接続損失測定部Cとしてのパルス光

源 30、WDMカプラ 31、分岐カプラ 32、光フィルタ 33、受光素子（PD）34、信号処理回路 35 および擬似ファイバ 36 と、制御部 D としての制御回路 40 と、を備える。

【0020】

励起光源 10 は、増幅用ファイバ 20 を伝搬する信号光 L_s をラマン増幅することが可能な励起光 L_p を発生して WDMカプラ 11 に出力する。この励起光源 10 の波長は、信号光 L_s の波長帯域に対応させて設定されている。具体的には、例えば 1550 nm 帯の信号光 L_s に対して短波長側に約 100 nm シフトした 1450 nm 帯の範囲内に励起光 L_p の中心波長が設定される。なお、本発明における信号光 L_s および励起光 L_p の各波長は上記の一例に限定されるものではなく、公知のラマン増幅器における波長設定を適用することが可能である。

【0021】

WDMカプラ 11 は、励起光源 10 から出力される励起光 L_p を増幅用ファイバ 20 に向けて供給する。ここでは、WDMカプラ 11 から擬似ファイバ 36 を介して増幅用ファイバ 20 に繋がる光路（以下、被測定光路とする）内を信号光 L_s の伝搬方向とは逆方向に励起光 L_p が伝搬することになる。また、WDMカプラ 11 は、増幅用ファイバ 20 から擬似ファイバ 36 を介して送られてくる信号光 L_s を出力側の WDMカプラ 31 に伝達すると共に、WDMカプラ 31 側から送られてくる測定光（光パルス信号） L_m を増幅用ファイバ 20 側に伝える。なお、WDMカプラ 11 の 3 つのポートと各光路との間は融着接続されているものとする。

【0022】

増幅用ファイバ 20 は、その一端が PC 接続方式の光コネクタ C1 を介して擬似ファイバ 36 の一端に接続され、信号光 L_s が他端から入力される。この増幅用ファイバ 20 としては、例えば、シングルモードファイバ等の伝送路ファイバや非線形係数の高いラマン増幅用ファイバなどが用いられる。

【0023】

パルス光源 30 は、光時間領域反射法（Optical Time Domain Reflectometry；OTDR）を利用して被測定光路の長手方向についての損失分布を測定するた

めの測定光 L_m を発生する光源であり、例えば図 3 に示すような光パルス信号を測定光 L_m として出力する。なお、図 3 では光パルス信号のパルス幅を 10 ns 、パルス間隔を 200 ns に設定する一例を示したが、光パルス信号の設定はこれに限定されるものではなく、被測定光路の距離（上記の設定例では 20 m を想定）に応じて適切な値を設定すればよい。また、光パルス信号の波長は、信号光 L_s および励起光 L_p との区別を可能にするために各々の波長帯とは異なる帯域に設定するのがよい。具体的には、例えば、前述したような信号光 L_s および励起光 L_p の波長設定に対して、光パルス信号の波長を 1410 nm 等に設定することが可能である。

【0024】

WDM カプラ 31 は、例えば図 4 に示すような各ポート $p_1 \sim p_3$ 間の透過波長特性を有し、パルス光源 30 から分岐カプラ 32 を介してポート p_3 に送られてくる測定光 L_m を WDM カプラ 11 側に繋がるポート p_1 に伝える。また、WDM カプラ 31 は、被測定光路から WDM カプラ 11 を介して送られてくる信号光 L_s と、ポート p_1 から出力され被測定光路に向けて伝搬する測定光 L_m の反射光および後方散乱光（以下、反射散乱光 L_r と表記する）とがポート 1 に入力され、信号光 L_s をポート p_2 に出力し、反射散乱光 L_r をポート p_3 に出力する。

【0025】

分岐カプラ 32 は、WDM カプラ 31 のポート p_3 から出力される反射散乱光 L_r を分岐して光フィルタ 33 に送る。光フィルタ 33 は、反射散乱光 L_r の波長、すなわち、前述した光パルス信号の波長に対応する 1410 nm 等に略一致した透過中心波長を有する狭帯域のバンドパスフィルタである。この光フィルタ 33 では、分岐カプラ 32 で分岐された光に含まれる反射散乱光 L_r 以外の雑音光が取り除かれる。受光素子 34 は、光フィルタ 33 を通過した反射散乱光 L_r を受光して光電変換し、反射散乱光 L_r のパワーに応じてレベルの変化する信号を信号処理回路 35 に出力する。

【0026】

信号処理回路 35 は、受光素子 34 からの出力信号に基づいて、被測定光路の

長手方向についての損失分布を求め、被測定光路上に存在する接続点における接続損失を検出して、その検出結果を示す信号を制御回路 4 0 に出力する。

【0 0 2 7】

擬似ファイバ 3 6 は、光時間領域反射法を利用した測定系において損失分布の測定が不能となる領域（デッドゾーン）を狭くするために設けられる所要の長さの光ファイバであって、ここでは WDM カプラ 1 1 と増幅用ファイバ 2 0 の間に配置される。なお、時間領域反射法とそのデッドゾーンについては後述する。

【0 0 2 8】

制御回路 4 0 は、信号処理回路 3 5 からの出力信号に応じて、接続点における接続損失が予め設定した閾値（例えば 1 . 0 d B 等）以上であるか否かを判定し、閾値以上の場合には、励起光 L_p の供給状態が停止または所定のパワーレベル以下となるように励起光源 1 0 の駆動状態を制御する。

【0 0 2 9】

ここで、光時間領域反射法（O T D R）の概要について説明する。

O T D R は、光ファイバの長手方向の損失分布を測定する 1 つの手法として広く利用されている。図 5 は、一般的な O T D R 測定系の一例である。この O T D R 測定系では、パルス光源で発生する光パルス信号が被測定デバイス（D U T）中に入力され、その光パルス信号の反射散乱光（反射光および後方散乱光）が分岐カプラで分岐されて受光器で光電変換される。信号処理回路では、受光器からの出力信号に応じて被測定デバイス中で発生する反射量が検出されると共に、光パルス信号に対する反射散乱光の時間遅延から反射点の位置が検出され、その結果、被測定デバイス内の損失分布が測定される。

【0 0 3 0】

例えば、上述の図 1 8 に示した一般的なラマン増幅器について上記のような O T D R 測定系を適用して損失分布を測定した場合を考えると、図 6（A）に示す測定系の構成に対して、図 6（B）に示すような測定結果が得られるようになる。ただし、ここでは励起ユニット 1 1 0 と増幅用ファイバ 1 1 3 の間が 2 つの光コネクタ 1 1 4 A、1 1 4 B を介して P C 接続されているものとする。

【0 0 3 1】

具体的に、図 6 (B) の測定結果において、各ピークの高さは、O T D R 測定系 2 0 0 に接続する光ファイバの長手方向に沿って順に配置された、光コネクタ 2 0 0 A、WDM カプラ 1 1 2 および光コネクタ 1 1 4 A、1 1 4 B における各々の反射量を示している。また、反射量の傾きは、被測定ファイバのレーリー散乱係数を表している。このような損失分布が得られると、図 6 (A) 中の点線で囲んだ測定ポイントに位置する光コネクタ 1 1 4 A、1 1 4 B における接続損失は、図 6 (B) の対応する各ピーク前後の反射量の差から導出することが可能となる。詳しくは、ピーク前後の反射量の差が光コネクタ 1 1 4 A、1 1 4 B の各接続損失の 2 倍に対応することになる。

【0 0 3 2】

ところで、上記のような O T D R を利用した損失分布の測定では、被測定ファイバの入力端近傍に大きな反射があると電気系に飽和状態が起こる可能性があるため、このような範囲には損失分布の測定が不能となるデッドゾーンが生じる。このデッドゾーンの長さは、光パルス信号のパルス幅に応じて決まり、例えば、パルス幅を 1 0 n s 以下にすることによって、デッドゾーンの長さは数 m 程度となる。このようなデッドゾーンの発生によって所望の測定ポイントにおける接続損失が測定不能となることを回避するために、第 1 実施形態の光増幅器では、WDM カプラ 1 1 と増幅用ファイバ 2 0 の間に擬似ファイバ 3 6 を挿入している。

【0 0 3 3】

次に、第 1 実施形態による光増幅器の動作を図 7 のフローチャートを参照しながら説明する。

初期導入時や運用開始時などにおいて本光増幅器が起動されると、パルス光源 3 0 において前述の図 3 に示したような波形の光パルス信号が発生して測定光 L_m として出力される (図 7 中の S 1 1)。その測定光 L_m は、分岐カプラ 3 2 を通過して WDM カプラ 3 1 に入力されて増幅用ファイバ 2 0 に繋がる被測定光路に送られる (S 1 2)。測定光 L_m が被測定光路内を増幅用ファイバ 2 0 に向けて伝搬することにより、その反射光および後方散乱光からなる反射散乱光 L_r が被測定光路内で発生する (S 1 3)。

【0 0 3 4】

この反射散乱光 L_r は、WDMカプラ 31 および分岐カプラ 32 により取り出されて光フィルタ 33 に送られ、光フィルタ 33 を通過した反射散乱光 L_r が受光素子 34 で受光されてそのパワーが検出される (S14)。受光素子 34 での検出結果を示す信号は、信号処理回路 35 に送られて OTDR に従った処理が施されることにより、被測定光路の長手方向についての損失分布が求められ、被測定光路上に存在する接続点 (図 2 の構成では、光コネクタ C1) における接続損失が導出される (S15)。

【0035】

信号処理回路 35 で導出された接続損失は、制御回路 40 に伝えられて予め設定された閾値以上に達しているか否かが判定される (S16)。接続損失が閾値よりも小さい場合には、光コネクタ C1 の良好な接続状態が実現されていると判断して、励起光源 40 から増幅ファイバ 20 への励起光 L_p の供給が通常運用時のパワーレベルで開始される。一方、接続損失が閾値以上に達している場合には、光コネクタ C1 が FF 現象による光ファイバの破壊等が生じ得る不十分な接続状態にあると判断して、励起光 L_p の供給状態が停止または所定のパワーレベル以下とされると共に、光コネクタ C1 の接続状態が異常であること示す警告が出力される (S17)。

【0036】

上記のように第 1 実施形態の光増幅器によれば、励起ユニットおよび増幅用ファイバの間に存在する光コネクタ C1 の接続状態を、信号光 L_s とは異なる測定光 L_m を用いた OTDR 測定系により監視するようにしたことで、従来のような光コネクタ外れの検知だけでなく、FF 現象による光ファイバの破壊を招くような光コネクタ C1 の接続状態の異常を正確に検出して、光コネクタ C1 を通過する励起光 L_p のパワーを確実に制御することが可能になる。

【0037】

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。

図 8 は、第 2 実施形態の接続損失検出機能を備えた光増幅器の構成を示すブロック図である。

【0038】

図8において、本実施形態の光増幅器は、前述の図1に示した基本構成における接続損失測定部Cとして、光周波数領域反射法（Optical Frequency Domain Reflectometry; OFDR）を利用した構成を適用したものである。具体的には、周波数掃引光源50、分岐カプラ51、WDMカプラ52、受光器53、FFT回路54および信号処理回路55からなる測定系によって接続損失の測定が行われる。なお、図1の基本構成における励起ユニットA、光増幅媒体Cおよび制御部Dにそれぞれ対応する構成は、前述した第1実施形態の場合と同様であるためここでの説明を省略する。

【0039】

周波数掃引光源50は、周波数を時間的に線形掃引した測定光 L_m を発生する光源である。この周波数掃引光源50としては、例えば、3電極DFBレーザなどを使用することが可能である。3電極DFBレーザを使用する場合、中央の電極に対して変調された電圧を加えることによって、測定光 L_m の周波数を時間に対して線形に変化させることができる。周波数の掃引幅は、測定の空間分解能を決定するパラメータとなり、例えば、10cmの空間分解能を得るためには、周波数を1GHzで掃引する必要がある。この周波数掃引光源50から出力される測定光 L_m の波長は、信号光 L_s および励起光 L_p との区別を可能にするために各々の波長帯とは異なる帯域に設定される。具体的には、例えば1550nm帯の信号光 L_s および1450nm帯の励起光 L_p に対して、出力光の波長を1410nm等に設定することが可能である。

【0040】

分岐カプラ51は、周波数掃引光源50から出力される測定光 L_m を2つに分岐し、WDMカプラ52に繋がるポートに測定光 L_m' を出力し、参照ポート（開放ポート）に参照光 L_{ref} を出力する。また、この分岐カプラ51は、測定光 L_m' の反射光および後方散乱光からなる反射散乱光 L_r と、参照光 L_{ref} の反射光とを合波してビート信号光 L_b を生成し、そのビート L_b 信号光を受光器53に繋がるポートに出力する。

【0041】

WDMカプラ52は、前述の第1実施形態で用いたWDMカプラ31と同様の

透過波長特性（図 4 参照）を有し、分岐カプラ 5 1 から送られてくる測定光 L_m ' を WDM カプラ 1 1 側に伝えると共に、被測定光路を伝搬する測定光 L_m ' の反射散乱光 L_r を同方向に伝搬する信号光 L_s から分波して分岐カプラ 5 1 側に出力する。

【0 0 4 2】

受光器 5 3 は、分岐カプラ 5 1 から送られてくるビート信号光 L_b を受光して光電変換した電気信号を F F T 回路 5 4 に出力する。なお、この受光器 5 3 については、第 1 実施形態の場合と同様にして、ビート信号光 L_b 以外の雑音光を取り除く光フィルタを備えるようにしてもよい。

【0 0 4 3】

F F T 回路 5 4 は、受光器 5 3 からの出力信号を高速フーリエ変換し、その演算結果を信号処理回路 5 5 に出力する回路である。信号処理回路 5 5 は、F F T 回路 5 4 からの出力信号に基づいて、被測定光路の長手方向についての損失分布を求め、被測定光路上に存在する接続点における接続損失を検出して、その検出結果を示す信号を制御回路 4 0 に出力する。

【0 0 4 4】

ここで、光周波数領域反射法（O F D R）の概要について説明する。

O F D R は、第 1 実施形態において説明した O T D R と同様に、光ファイバの長手方向の損失分布を測定する 1 つの手法として知られている（例えば、文献：M.Wegmuller, et al., “Distributed Gain Measurements in Er-Doped Fibers with High Resolution and Accuracy Using an Optical Frequency Domain Reflectometer”, Journal of Lightwave Technology, Vol.18, No.12, pp.2127-2132, December 2000 や、文献：J.P.von der Weid, et al., “On the Characterization of Optical Fiber Network Components with Optical Frequency Domain Reflectometry”, Journal of Lightwave Technology, Vol.15, No.17, pp.1131-1141, July 1997 等参照）。

【0 0 4 5】

この O F D R は、前述した O T D R の場合のようなデッドゾーンの発生がなく、被測定ファイバの入力端近傍の損失分布を測定することが可能であり、また、

広いダイナミックレンジと高い空間分解能が得られるという特徴がある。一方、OFDRは、反射光のコヒーレンシーが保たれる必要があるため、最大数100km程度の測定が可能なOTDRと比べて、測定距離が数10m程度と短くなる。

【0046】

図9は、公知のOFDR測定系の一例である。このOTDR測定系では、周波数掃引光源からの出力光が分岐カップラで測定光と参照光に分波され、測定光が被測定デバイス(DUT)に入力されると共に参照光が参照ポートに与えられる。そして、測定光および参照光の各々の反射光が分岐カップラによって合波され、そのビート信号光が受光器で光電変換される。このとき、変換されたビート信号の周波数は、測定光および参照光の各反射点についての光路差に比例するため、受光器からの出力信号の強度をFFT回路で高速フーリエ変換することによって、被測定デバイス内の損失分布が測定される。

【0047】

このOFDR測定系を適用して、上述の図18に示した一般的なラマン増幅器の損失分布を測定した場合、前述の図6に示した場合と同様の測定結果が得られることになり、その損失分布に基づいて、測定ポイントに位置する光コネクタにおける接続損失を導出することが可能になる。

【0048】

次に、第2実施形態による光増幅器の動作を図10のフローチャートを参照しながら説明する。

初期導入時や運用開始時などにおいて本光増幅器が起動されると、周波数掃引光源50において周波数掃引された測定光 L_m が発生し分岐カップラ51に出力される(図10中のS21)。その測定光 L_m は、分岐カップラ51において測定光 L_m' と参照光 L_{ref} に分岐され、測定光 L_m' がWDMカップラ52を介して増幅用ファイバ20に繋がる被測定光路に送られ、参照光 L_{ref} が参照ポートに送られる(S22)。そして、測定光 L_m' が被測定光路内を増幅用ファイバ20に向けて伝搬することにより、その反射光および後方散乱光からなる反射散乱光 L_r が被測定光路内で発生する(S23)。また、これと同時に参照光 L_{ref} は

参照ポートの開放端で反射されて分岐カプラ 5 1 に戻される。

【0 0 4 9】

上記測定光 L_m' の反射散乱光 L_r と参照光 L_{ref} の反射光とは、分岐カプラ 5 1 において合波されてビート信号光 L_b が発生する (S 2 4)。このビート信号光 L_b は受光器 5 3 に送られて光電変換され (S 2 5)、さらに、受光器 5 3 の出力信号が F F T 回路 5 4 に送られて高速フーリエ変換される (S 2 6)。F F T 回路 5 4 での演算結果を示す信号は、信号処理回路 5 5 に送られて所要の処理が施され、被測定光路の長手方向についての損失分布が求められることにより、被測定光路上に存在する光コネクタ C 1 における接続損失が導出される (S 2 7)。

【0 0 5 0】

信号処理回路 5 5 で導出された接続損失は、制御回路 4 0 に伝えられて予め設定された閾値以上に達しているか否かが判定される (S 2 8)。接続損失が閾値よりも小さい場合には、通常運用時のパワーレベルによる励起光 L_p の供給が開始され、一方、接続損失が閾値以上に達している場合には、励起光 L_p の供給状態が停止または所定のパワーレベル以下とされると共に、光コネクタ C 1 の接続状態が異常であること示す警告が出力される (S 2 9)。

【0 0 5 1】

上記のように第 2 実施形態の光増幅器によれば、励起ユニットおよび増幅用ファイバの間に存在する光コネクタ C 1 の接続状態を O F D R 測定系により監視するようにしても、前述した第 1 実施形態の場合と同様の効果を得ることができる。また、上記の効果に加えて、O T F D R 測定系を適用した場合と比較すると、デッドゾーンが生じないため擬似ファイバを設ける必要がなくなると共に、広いダイナミックレンジと高い空間分解能が得られるため、接続損失をより高い精度で測定することができ、励起光源の確実な制御が可能になる。

【0 0 5 2】

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。

図 1 1 は、第 3 実施形態の接続損失検出機能を備えた光増幅器の構成を示すブロック図である。

【0053】

図11において、本実施形態の光増幅器は、例えば、前述した第1実施形態の光増幅器について、測定光 L_m を発生するためのパルス光源としてラマン増幅用の励起光源を利用するようにした応用例である。具体的に、本光増幅器は、上述の図1に示した励起ユニットAとして、複数台（ここでは、例えば4台）の励起光源10A、10B、10C、10Dと、励起光源10A、10Bおよび励起光源10C、10Dから出力される各励起光を合波する偏波ビーム合波器12Aおよび12Bと、各偏波ビーム合波器12A、12Bから光アイソレータ13A、13Bを介して送られる各々の励起光をさらに合波するWDMカップラ14と、そのWDMカップラ14から分岐カップラ32を介して送られる励起光 L_p を被測定光路に与えるWDMカップラ11とを有し、4台の励起光源10A～10Dのうちの1台（ここでは励起光源10Dとする）をパルス駆動することで、前述の図3に示したようなパルス波形を有する測定光 L_m を発生して、OTDRによる接続損失の測定を行うようにしたものである。

【0054】

上記のように励起光源10Dを利用して接続損失の測定を行うようにしたこと、で、測定光 L_m の波長は励起光波長と一致することになる。このため、測定光 L_m の反射散乱光 L_r を抽出する分岐カップラ32および光フィルタ33は、励起光波長に対応した特性を持つものが使用される。なお、上記以外の他の部分の構成は、前述した第1実施形態の構成と同様であるためここでの説明を省略する。

【0055】

上記のような構成の光増幅器では、初期導入時や運用開始時などにおいて、通常運用時には連続的に駆動（CW駆動）される各励起光源10A～10Dのうちの励起光源10Dがパルス駆動され、他の励起光源10A～10Cは停止される。このとき励起光源10Dから出力される測定光 L_m は、偏波ビーム合波器12B、光アイソレータ13B、WDMカップラ14、分岐カップラ32およびWDMカップラ11を順に通過して被測定光路に送られる。そして、被測定光路上で発生する測定光 L_m の反射散乱光 L_r が、WDMカップラ11、分岐カップラ32および光フィルタ33を介して受光素子34で受光され、反射散乱光 L_r のパワーに応じ

て変化する電気信号が信号処理回路 3 5 に送られる。

【0 0 5 6】

信号処理回路 3 5 では、第 1 実施形態の場合と同様にして、受光素子 3 4 からの出力光に基づいて、被測定光路の長手方向についての損失分布が求められ、被測定光路上に存在する光コネクタ C 1 の接続損失が導出されて、その結果が制御回路 4 0 に伝えられる。制御回路 4 0 では、光コネクタ C 1 の接続損失が閾値以上に達している場合、各励起光源 1 0 A ~ 1 0 D を停止等させると共に、接続異常を知らせる警告が発せられる。一方、接続損失が閾値よりも小さい場合には、それまでパルス駆動していた励起光源 1 0 D を CW 駆動に切り替えると同時に、他の励起光源 1 0 A ~ 1 0 C の CW 駆動を開始させる。これにより、CW 駆動された各励起光源 1 0 A ~ 1 0 D からの出力光が、偏波ビーム合成器 1 2 A, 1 2 B および WDM カプラ 1 4 で合成され、通常運用時のパワーレベルに設定された励起光 L p が WDM カプラ 1 1 および擬似ファイバ 3 6 を介して増幅用ファイバ 2 0 に供給される。

【0 0 5 7】

このように第 3 実施形態の光増幅器によれば、初期導入時や運用開始時などにおける光コネクタ C 1 の接続損失の測定を、ラマン増幅用の励起光源 1 0 D を利用して行うようにしたことで、第 1 実施形態の場合のように OTDR 用のパルス光源を別途設ける必要がなくなるため、構成の簡略化および低コスト化を図ることが可能になる。

【0 0 5 8】

なお、上記の第 3 実施形態では、4 台の励起光源 1 0 A ~ 1 0 D を用いる構成を一例として示したが、1 台の励起光源のみで構成される場合においても、その駆動状態を CW / パルス駆動に切り替えることによって、励起光源を利用した接続損失の測定を行うことが可能である。また、励起光源が 2 台、3 台または 5 台以上で構成される場合についても適用できることは明らかである。さらに、OTDR による接続損失の測定を行う場合について説明したが、前述の第 2 実施形態のように OFDR による接続損失の測定を行う場合についても、励起光源として周波数掃引が可能な光源を使用することにより、上記の第 3 実施形態と同様にし

て応用することが可能である。

【0059】

次に、本発明の第4実施形態について説明する。ここでは、上述した各実施形態の光増幅器を用いた光中継ノード装置を説明する。

図12は、本発明の第4実施形態による光中継ノード装置の構成を示すブロック図である。

【0060】

図12に示す光中継ノード装置は、上り回線を伝送されるWDM信号光 L_s をラマン増幅器70およびエルビウムドープファイバ増幅器(EDFA)71A～71Cの組み合わせにより増幅すると共に、下り回線を伝送されるWDM信号光 $L_{s'}$ をラマン増幅器70'およびEDFA71A'～71C'の組み合わせにより増幅する公知の構成について、上述の第1、3実施形態に示したようなOTDRによる接続損失の測定系または第2実施形態に示したようなOFDRによる接続損失の測定系を適用した接続損失測定部61と、光スイッチ62とからなる接続損失監視ユニット60を組み込んだものである。

【0061】

上下回線の各ラマン増幅器70、70'は、励起光源70A、70A'から出力される励起光がWDMカプラ70B、70B'を介して増幅用ファイバ70C、70C'に供給される構成である。各増幅用ファイバ70C、70C'は、本光中継ノード装置の信号光入力側に光コネクタC1、C1'を介してPC接続されている。

【0062】

上下回線の各EDFA71A～71C、71A'～71C'は、ラマン増幅器70、70'によりラマン増幅されたWDM信号光 L_s 、 $L_{s'}$ を分波器72、72'で互いに異なる3つの波長帯(例えば、Sバンド、CバンドおよびLバンドなど)に分波した信号光がそれぞれ入力され、所要のレベルまで増幅した各波長帯の信号光を光コネクタ $C_A \sim C_C$ 、 $C_{A'} \sim C_{C'}$ を介して合波器73、73'に出力する。合波器73、73'は、各EDFA71A～71C、71A'～71C'から出力される信号光を合波した後に、出力側の光コネクタC2、

C 2' を介して後段の光伝送路に出力する。

【0 0 6 3】

上記のような構成では、ラマン増幅用のパワーの大きな励起光が、WDMカプラ 7 0 B, 7 0 B' と増幅用ファイバ 7 0 C, 7 0 C' の間に存在する光コネクタ C 1, C 1' を通過することになる。また、EDFA 7 1 A ~ 7 1 C, 7 1 A' ~ 7 1 C' でさらに増幅された大きなパワーの信号光が、合波器 7 3, 7 3' の入力側に存在する光コネクタ C_A ~ C_C, C_A' ~ C_C' と、合波器 7 3, 7 3' の出力側に存在する光コネクタ C 2, C 2' とを通過することになる。そこで、本実施形態では、1 系統の接続損失監視ユニット 6 0 を設けることにより、上記のようなパワーの大きな光が通過することになる各光コネクタの接続状態が監視される。この接続損失監視ユニット 6 0 は、接続損失測定部 6 1 で発生する測定光 L_m の出力先 (図 1 2 中の 2 重線に対応) を光スイッチ 6 2 により所要の時間で切り替えることにより、各々の光コネクタの接続損失を順番に測定する。なお、光スイッチ 6 2 の切り替え時間は、測定光 L_m の反射散乱光 L_r が接続損失測定部 6 1 に到達するのに十分な時間に設定してある。

【0 0 6 4】

図 1 3 は、例えば OTDR 測定系を適用した接続損失監視ユニット 6 0 の構成を示したものである。この構成例では、パルス光源 3 0 から出力される測定光 L_m が分岐カプラ 3 2 を介して光スイッチ 6 2 に与えられ、その光スイッチ 6 2 の切り替え動作に応じて測定光 L_m が所要の測定ポイントに向けて送られる。また、ここでは、分岐カプラ 3 2 と光スイッチ 6 2 の間に擬似ファイバ 3 6 を設けることで、OTDR 測定時に生じるデッドゾーンを狭くしている。

【0 0 6 5】

このような接続損失監視ユニット 6 0 による接続損失の測定結果は、制御回路 4 0 に伝えられて予め設定した閾値との比較が行われる。そして、閾値以上の接続損失が検出された場合には、光コネクタが破壊される可能性があると判断して、対応するラマン増幅器または EDFA の励起光の供給が停止されるか、または、当該光コネクタを通過する光のパワーが所定値以下に抑えられる。また、これと同時に接続異常を知らせる警報がその位置に関する情報と共に外部に発せられ

る。

【0066】

このように第4実施形態の光中継ノード装置によれば、大きなパワーの光が通過することになる複数箇所の光コネクタの接続状態を、1系統の接続損失監視ユニット60を用いた簡略な構成により監視して装置内の光増幅器の動作を制御することが可能になる。これにより、ラマン増幅器やEDFAを組み合わせた光中継ノード装置における接続損失検出機能を低コストで実現することが可能になる。

【0067】

なお、上記の第4実施形態では、上りおよび下りの各回線について1台のラマン増幅器と3台のEDFAを組み合わせた光中継ノード装置の一例を示したが、光中継ノード装置に適用される光増幅器の種類および台数は上記の一例に限られるものではない。また、図13にはOTDRによる測定系の構成例を示したが、接続損失監視ユニット60についてOFDRによる測定系の構成を適用することも勿論可能である。

【0068】

さらに、上述した第1～4実施形態では、光増幅器の信号光入力側に接続される増幅用ファイバ（光増幅媒体）に対して、信号光とは逆方向に伝搬するラマン増幅用の励起光を供給する構成例を示したが、光増幅器の信号光出力側に接続される光増幅媒体に対して、信号光と同じ方向に伝搬する励起光を供給するような構成に対しても本発明は有効である。

【0069】

次に、本発明の第5実施形態について説明する。ここでは、光コネクタの良好な接続状態が容易に得られるようにした改良例を説明する。

図14は、第5実施形態の光増幅器の構成を示すブロック図である。

【0070】

図14に示す光増幅器は、上述の図1に示した基本構成について、大きなパワーの光が通過することになる光コネクタC1に対して、乾燥気体を吹き付けて不純物の付着を防止する乾燥気体供給部としてのエアポンプ80を設けるようにし

たものである。

【0 0 7 1】

エアポンプ 8 0 は、制御部 D から出力される制御信号に従って、光コネク C 1 の接続損失が閾値以上に達した場合に、送風チューブ 8 1 を介して乾燥気体を光コネク C 1 の接続面に吹き付けるものである。

【0 0 7 2】

図 1 5 は、エアポンプ 8 0 からの乾燥気体が吹き付けられる光コネクタ C 1 の一例を示したものである。図 1 5 (A) に示すように、光コネクタ C 1 には防塵カバー 8 3 が設けられ、アダプタに挿入されていない保管時にはフェルール 8 4 端面が外部に出ないように防塵カバー 8 3 が位置し、アダプタに挿入された時には、アダプタ内部の突起によって防塵カバー 8 3 が押し込まれて P C 接続を可能にする。上記のアダプタは、例えば図 1 5 (B) に示すように、吸気孔 8 5 と排気孔 8 6 を持ち、送風チューブ 8 1 から吹き込まれる乾燥気体が吸気孔 8 5 から排気孔 8 6 に向かって流れる。乾燥気体は、アダプタ内の割スリーブ 8 7 を通過するため、光コネクタ C 1 の接続時にはフェルール 8 4 端面の塵や埃を吹き飛ばす。なお、エアポンプ 8 0 から送風チューブ 8 1 に送られる乾燥気体は、例えば空気や窒素等の気体を用いることが可能である。

【0 0 7 3】

上記のような構成の光増幅器では、初期導入時や運用開始時などにおいて、光コネクタの P C 接続が不十分な状態で行われていると、エアポンプ 8 0 から送風チューブ 8 1 を介して光コネクタ C 1 に乾燥気体が吹き付けられるようになり、フェルール 8 4 端面に塵や埃等の不純物が付着し難くなるため、良好な P C 接続を比較的容易に実現することが可能になる。

【0 0 7 4】

なお、上記の第 5 実施形態では、光コネクタの良好な接続状態を得るために、光コネクタの構造に改良を施して乾燥気体を吹き付けるようにした一例を挙げたが、これ以外にも、例えば光コネクタにおけるフェルールと光ファイバを接着する接着剤として、信号光 L s および励起光 L p の各波長帯域に光の吸収を持たない接着剤を使用し、F F 現象による光ファイバの破壊が発生し難い光コネクタを適

用することも有効である。

【0075】

具体的には、例えば図16に示すように、光コネクタのフェルール84と光ファイバ88の間の接着剤として低融点ガラス89を用いることが好適である。低融点ガラス89は、その融点が通常ガラスより低い(400℃程度)ため、接着剤としての利用が可能である。また、低融点ガラス89は、光コネクタの通過光に対して透明であり、かつ、通常使用されるエポキシ樹脂等の接着剤よりも融点が高い。したがって、低融点ガラスを接着剤として用いると、大きなパワーの光が通過した時の温度上昇が小さく、温度上昇しても接着面の軟化が発生し難くなり、大きなパワーの光に対する耐性が向上する。

【0076】

ただし、通常の接着剤より高い温度で接着する必要があるため、接着時にフェルール84や光ファイバ88に損傷を与える可能性がある。そこで、接着剤として用いる低融点ガラス89に、光コネクタを通過する光とは異なる波長を吸収する添加物を加えることで、上記のような接着時の損傷を防ぐことが可能になる。上記の添加物の具体例としては、1 μ m帯を吸収するイッテルビウム(Yb)などを挙げることができる。イッテルビウムを添加した低融点ガラス89を使用する場合、フェルール84と光ファイバ88の接着時にはYAGレーザ等の1 μ m帯高出力レーザを入射すると、接着剤の低融点ガラスが1 μ m帯の光を吸収して接着部のみ選択的に加熱することができる。上記のイッテルビウムは周知のラマン増幅器における信号光L_sおよび励起光L_pを吸収しないため、ラマン増幅に影響を及ぼすことなく、大きなパワーの光に対する接着部分の耐性を向上されることが可能である。

【0077】

以上、本明細書で開示した主な発明について以下にまとめる。

【0078】

(付記1) 励起ユニットで発生する励起光を光増幅媒体に供給して信号光の増幅を行う光増幅器において、

前記励起ユニットおよび前記光増幅媒体の間の光路に対して信号光とは異なる

測定光を入射し、前記光路内で発生する前記測定光の反射光および後方散乱光に基づいて、前記光路上に存在する 1 つ以上の接続点における接続損失を測定する接続損失測定部と、

該接続損失測定部で測定される接続損失に応じて、前記励起ユニットによる励起光の供給状態を制御する制御部と、

を備えて構成されたことを特徴とする接続損失検出機能を備えた光増幅器。

【0079】

(付記 2) 付記 1 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、光時間領域反射法を利用して前記光路の長手方向についての損失分布を測定することを特徴とする光増幅器。

【0080】

(付記 3) 付記 2 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、予め設定したパルス幅およびパルス間隔を有する光パルス信号を発生するパルス光源と、該パルス光源からの光パルス信号を前記光路に入射させると共に、前記光パルス信号の反射光および後方散乱光を抽出する合分波器と、該合分波器で抽出された反射光および後方散乱光のパワーを検出する受光器と、該受光器の検出結果を示す信号に応じて、前記光路上に存在する 1 つ以上の接続点における接続損失を光路の長手方向の位置に対応させて導出する信号処理回路と、を有することを特徴とする光増幅器。

【0081】

(付記 4) 付記 1 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、光周波数領域反射法を利用して前記光路の長手方向についての損失分布を測定することを特徴とする光増幅器。

【0082】

(付記 5) 付記 4 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、周波数を時間的に線形掃引した光信号を出力する周波数掃引光源と、該周波数掃引光源からの出力光を測定光および参照光に分岐して、測定光を前記光路に出力し、参照光を参照ポートに出力すると共に、前記測定光の反射光および後方散乱光と前記参照光の反射光とを合波してビート信号光を

生成する光カプラと、該光カプラで生成されたビート信号光を検出する受光器と、該受光器の検出結果を示す信号を高速フーリエ変換する演算回路と、該演算回路の出力信号に応じて、前記光路上に存在する 1 つ以上の接続点における接続損失を光路の長手方向の位置に対応させて導出する信号処理回路と、を有することを特徴とする光増幅器。

【 0 0 8 3 】

(付記 6) 付記 1 に記載の光増幅器であって、

前記励起ユニットは、前記光増幅媒体を伝搬する信号光をラマン効果により増幅することが可能な励起光を生成して、該励起光を前記光増幅媒体に供給することを特徴とする光増幅器。

【 0 0 8 4 】

(付記 7) 付記 6 に記載の光増幅器であって、

前記励起ユニットは、信号光入力側に接続された光増幅媒体に対して、信号光とは逆方向に伝搬する励起光を供給することを特徴とする光増幅器。

【 0 0 8 5 】

(付記 8) 付記 1 に記載の光増幅器であって、

前記制御部は、前記接続損失測定部で測定される接続損失が予め設定した閾値以上に達したとき、前記励起光の供給状態が停止または所定のパワーレベル以下となるように前記励起ユニットを制御すると共に、接続異常を知らせる警告を発することを特徴とする光増幅器。

【 0 0 8 6 】

(付記 9) 付記 1 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、接続損失の測定時に、前記励起ユニットに含まれる励起光源の駆動方式を通常運用時とは異なる駆動方式に切り替えることによって発生する励起光を前記測定光として使用することを特徴とする光増幅器。

【 0 0 8 7 】

(付記 1 0) 付記 9 に記載の光増幅器であって、

前記接続損失測定部は、接続損失の測定時に、前記励起ユニットに含まれる複数の励起光源のうちのいずれか 1 つの励起光源の駆動方式を切り替えることを特

徴とする光増幅器。

【0088】

(付記 1 1) 付記 1 に記載の光増幅器であって、

前記励起ユニットおよび前記光増幅媒体の間の光路上に存在する 1 つ以上の接続点に用いられる光コネクタの接続端面に対して乾燥気体を吹き付ける乾燥気体供給部を備え、

前記制御部は、前記接続損失測定部で測定される接続損失が予め設定した閾値以上に達したとき、光コネクタの接続端面に乾燥気体が吹き付けられるように前記乾燥気体供給部を制御することを特徴とする光増幅器。

【0089】

(付記 1 2) 付記 1 に記載の光増幅器であって、

通過光に対して実質的に透明であり、かつ、軟化温度が樹脂性接着剤よりも高い接着剤を用いてフェルールおよび光ファイバの間に接着された光コネクタを、前記励起ユニットおよび前記光増幅媒体の間の光路上に存在する 1 つ以上の接続点に用いたことを特徴とする光増幅器。

【0090】

(付記 1 3) 付記 1 2 に記載の光増幅器であって、

前記光コネクタの接着剤は、通過光とは波長帯域の異なる光を吸収する添加物を含んだガラス材料であることを特徴とする光増幅器。

【0091】

(付記 1 4) 付記 1 に記載の光増幅器を用いた装置であって、

前記接続損失測定部で発生する測定光を複数の光路に対して時間的に切り替えながら入射する光スイッチを有し、前記複数の光路上にそれぞれ存在する 1 つ以上の接続点における接続損失が順次に測定されることを特徴とする装置。

【0092】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の接続損失検出機能を備えた光増幅器によれば、励起ユニットおよび光増幅媒体の間に存在する 1 つ以上の接続点における接続損失を、信号光とは異なる測定光の反射光および後方散乱光に基づいて測定し、そ

の測定結果に応じて励起光の供給状態を制御するようにしたことで、上記接続点での光コネクタ外れの検知だけでなく、FF現象による光ファイバの破壊を招くような接続状態の異常を正確に検出することができるようになるため、接続点を通過する励起光のパワーを確実に制御することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明にかかる接続損失検出機能を備えた光増幅器の基本構成を示すブロック図である。

【図 2】 本発明の第 1 実施形態による光増幅器の構成を示すブロック図である。

【図 3】 上記の第 1 実施形態における測定光の波形の一例を示す図である。

【図 4】 上記の第 1 実施形態において測定光の合波に用いられる WDM カプラの透過波長特性の一例を示す図である。

【図 5】 一般的な O T D R 測定系の一例を示す図である。

【図 6】 図 5 の O T D R 測定系を適用して一般的なラマン増幅器の損失分布を測定した場合の一例を示す図である。

【図 7】 上記の第 1 実施形態の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 8】 本発明の第 2 実施形態による光増幅器の構成を示すブロック図である。

【図 9】 一般的な O F D R 測定系の一例を示す図である。

【図 1 0】 上記の第 2 実施形態の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 1 1】 本発明の第 3 実施形態による光増幅器の構成を示すブロック図である。

【図 1 2】 本発明の第 4 実施形態による光中継ノード装置の構成を示すブロック図である。

【図 1 3】 上記の第 4 実施形態において O T D R 測定系を適用した接続損失監視ユニットの構成例を示す図である。

【図 1 4】 本発明の第 5 実施形態による光増幅器の構成を示すブロック図で

ある。

【図 15】上記の第 5 実施形態において用いられる光コネクタの一例を示す図である。

【図 16】上記の第 5 実施形態に関連した光コネクタの他の構造例を示す図である。

【図 17】ファイバフューズ（FF）現象を説明するための図である。

【図 18】従来のラマン増幅器の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

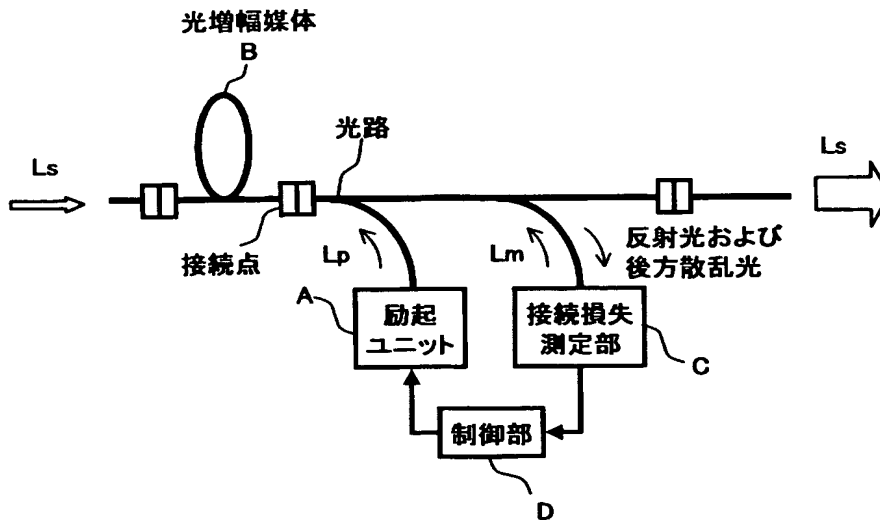
- A 励起ユニット
- B 光増幅媒体
- C 接続損失測定部
- D 制御部
- L s 信号光
- L p 励起光
- L m 測定光
- L r 反射散乱光
- C 1, C 2, C_A~C_C, C 1', C 2', C_A~C_C 光コネクタ
- 10, 10A~10D 励起光源
- 11, 14, 31, 52 WDMカプラ
- 12A, 12B 偏波ビーム合成器
- 13A, 13B 光アイソレータ
- 20 増幅用ファイバ
- 30 パルス光源
- 32, 51 分岐カプラ
- 33 光フィルタ
- 34 受光素子（PD）
- 35, 55 信号処理回路
- 40 制御回路
- 50 周波数掃引光源

- 5 3 受光器
- 5 4 F F T 回路
- 6 0 接続損失監視ユニット
- 6 2 光スイッチ
- 7 0, 7 0' ラマン増幅器
- 7 1 A ~ 7 1 C, 7 1 A' ~ 7 1 C' E D F A
- 8 0 エアポンプ
- 8 1 送風チューブ
- 8 9 低融点ガラス

【書類名】 図面

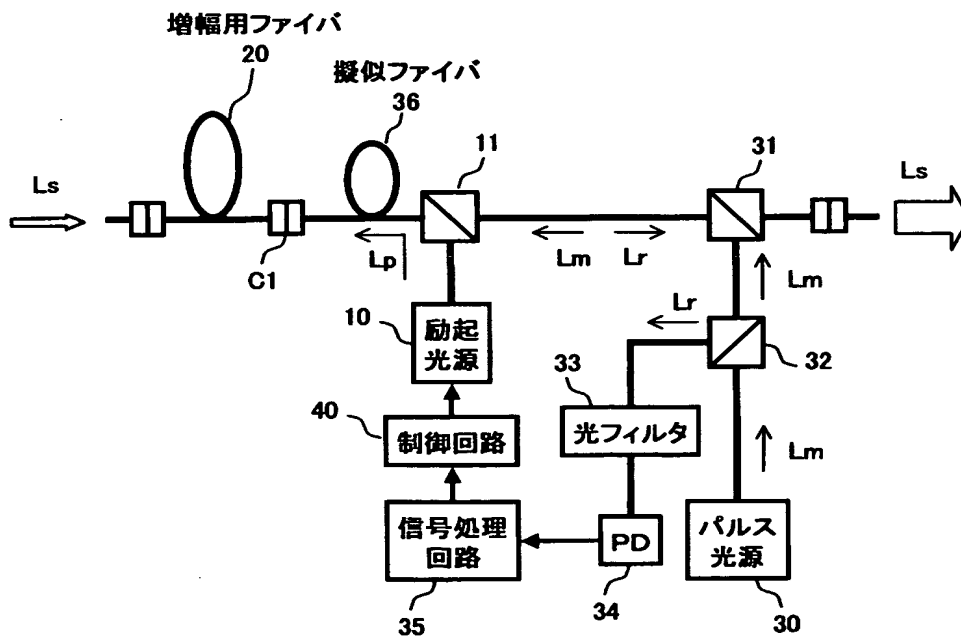
【図 1】

本発明の光増幅器の基本構成

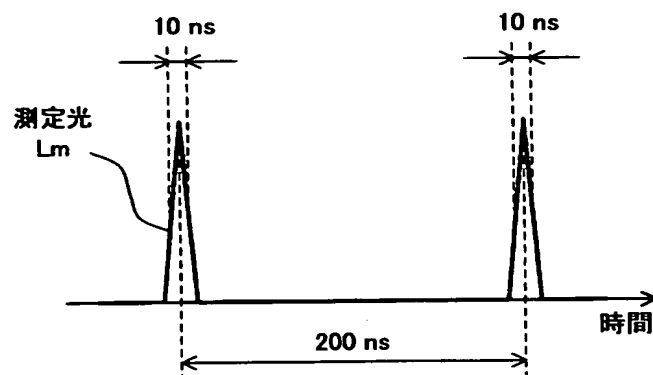


【図 2】

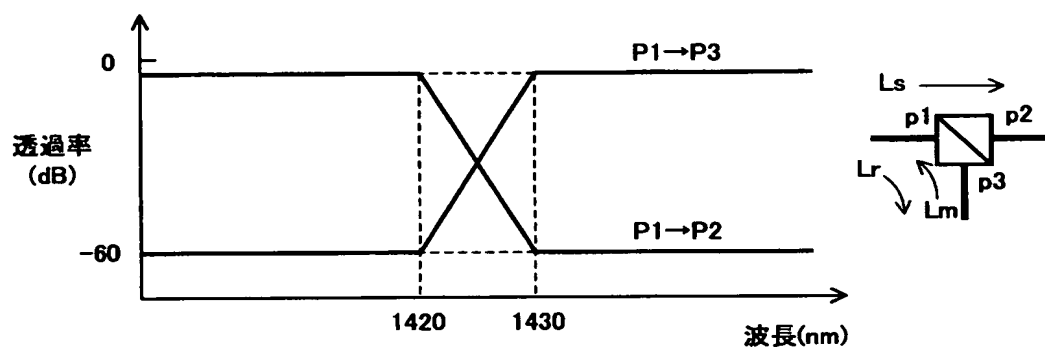
本発明の第1実施形態の構成



【図 3】

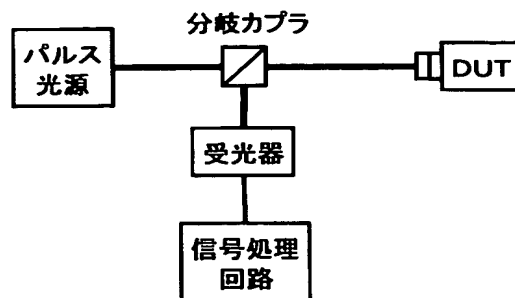


【図 4】



【図 5】

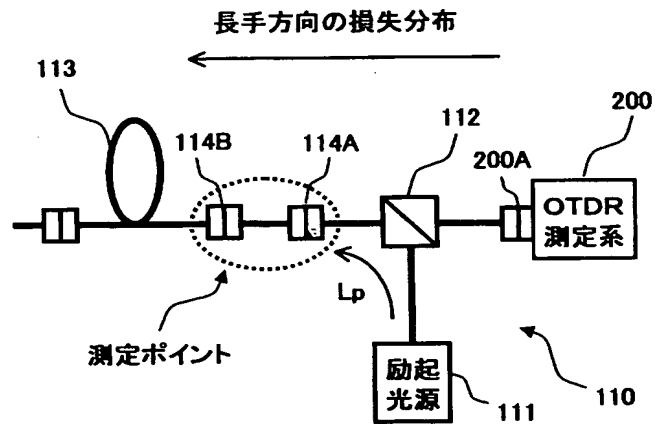
一般的なOTDR測定系



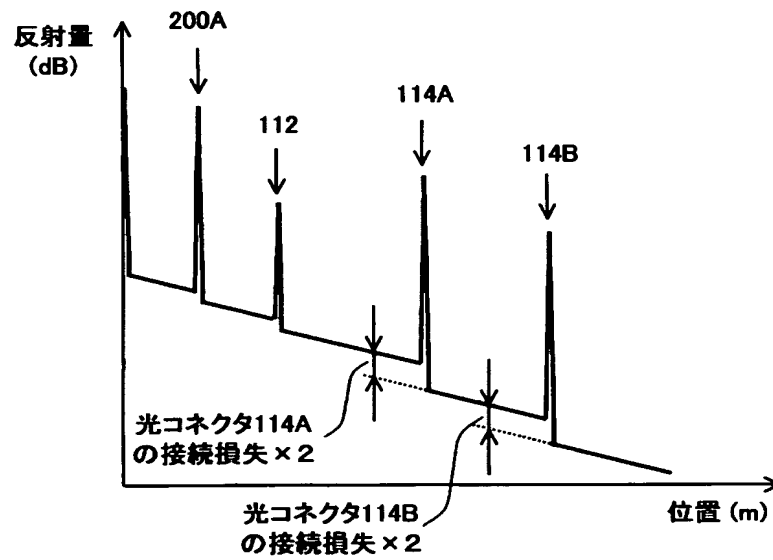
【図 6】

OTDR測定系の適用例

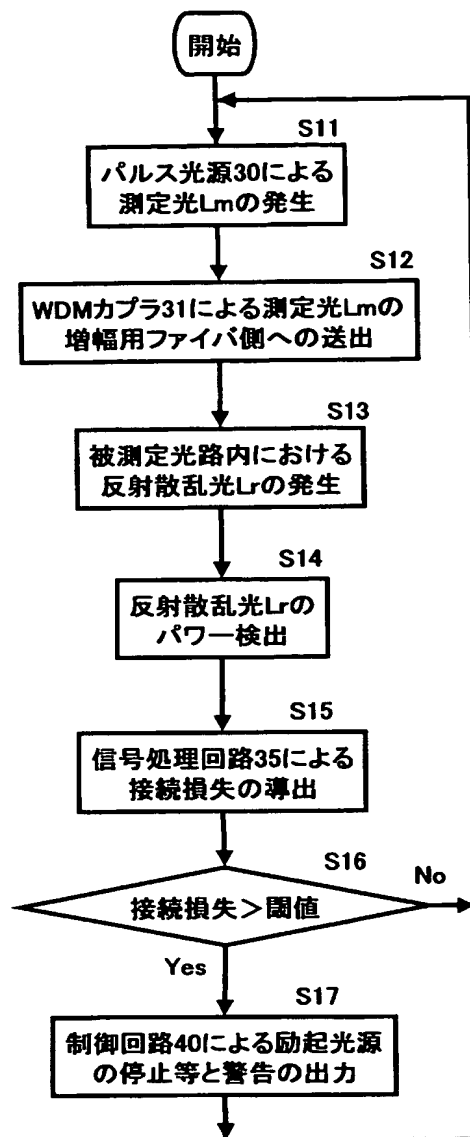
(A)



(B)

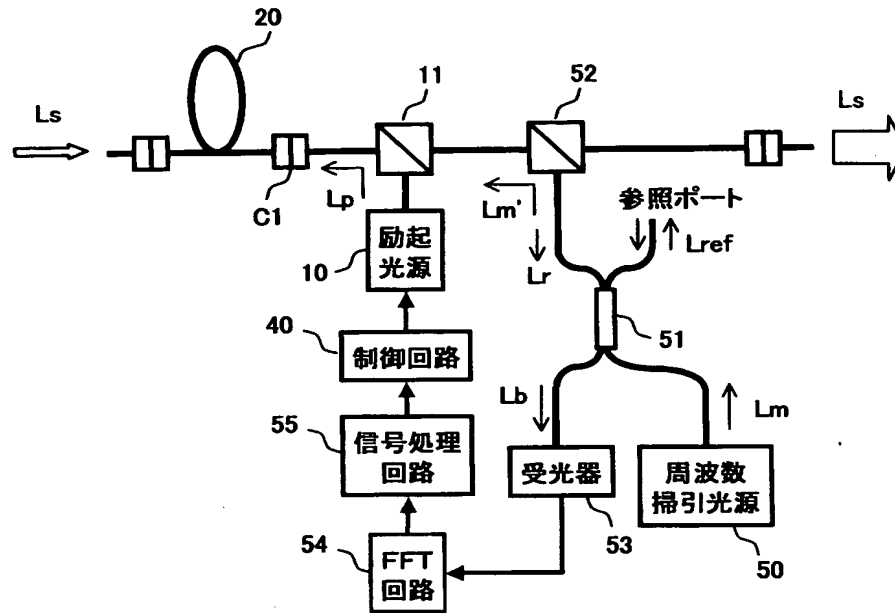


【図 7】



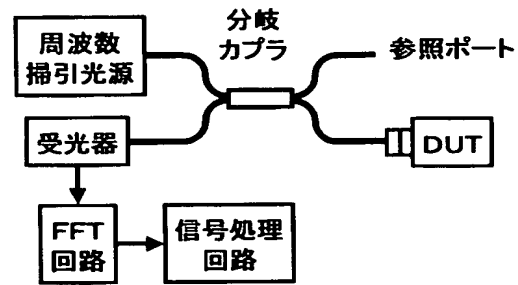
【図 8】

本発明の第2実施形態の構成

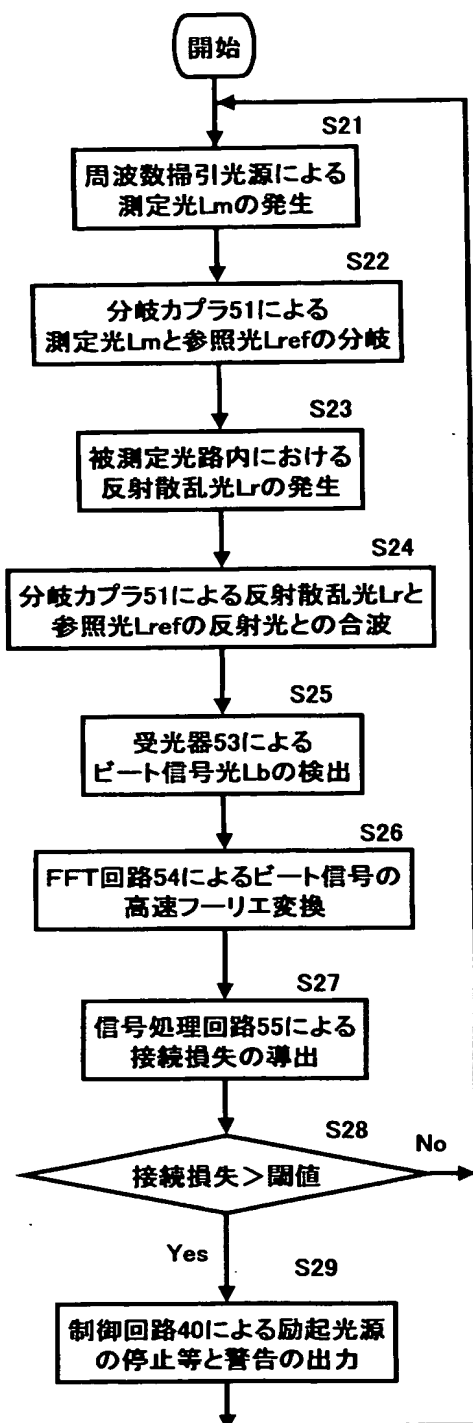


【図 9】

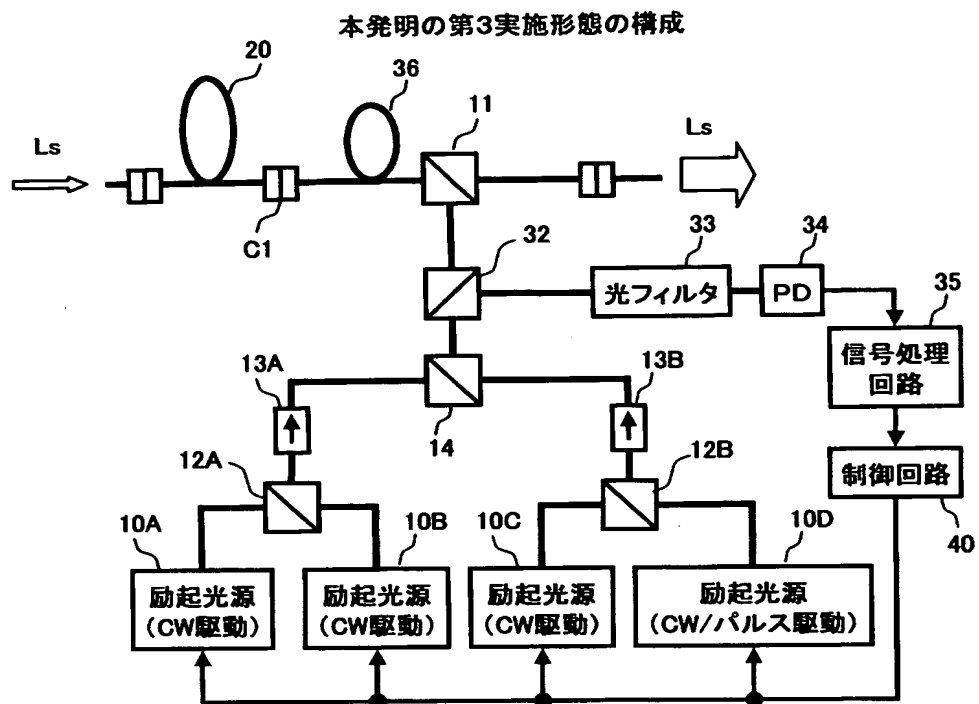
一般的なOFDR測定系



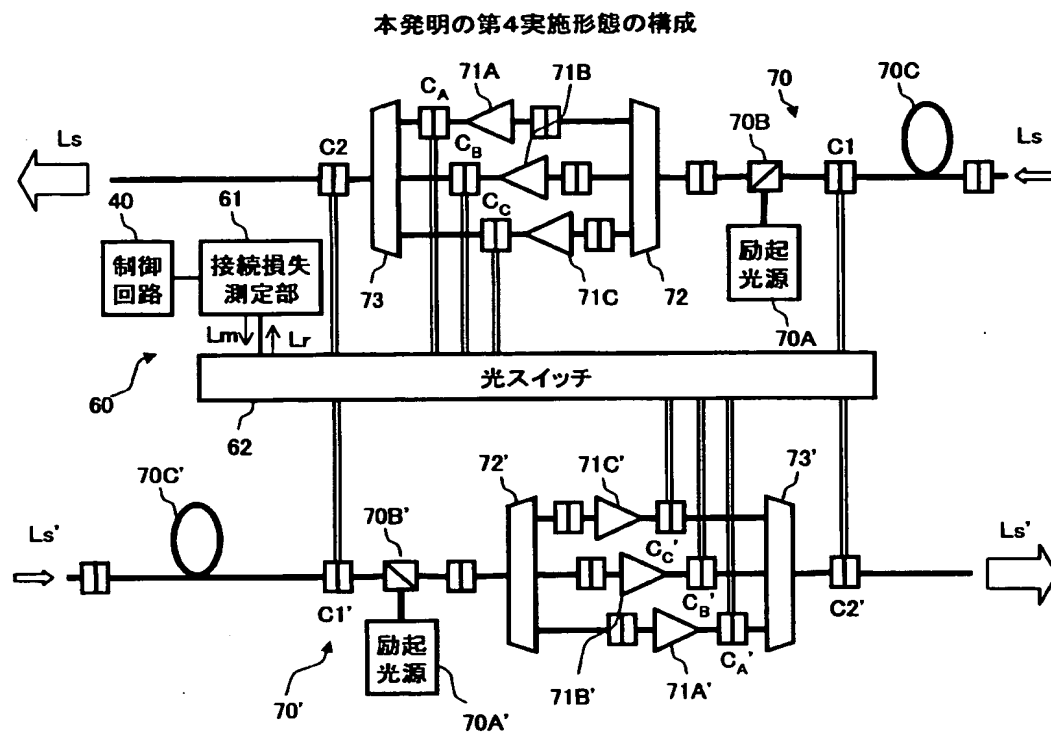
【図 10】



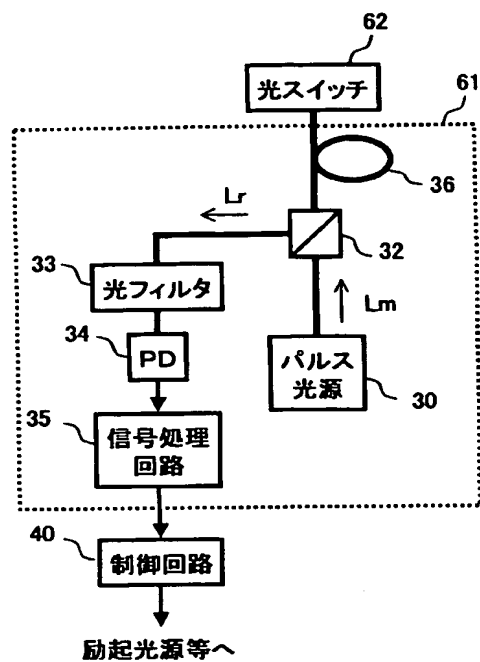
【図 11】



【図 12】

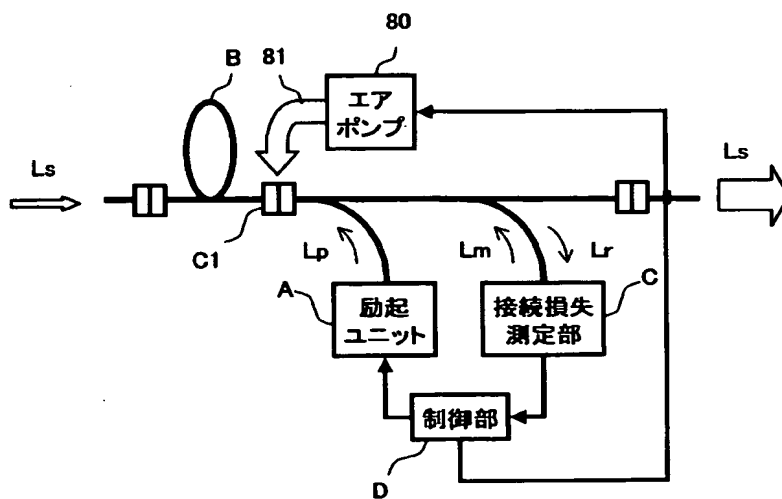


【図 13】

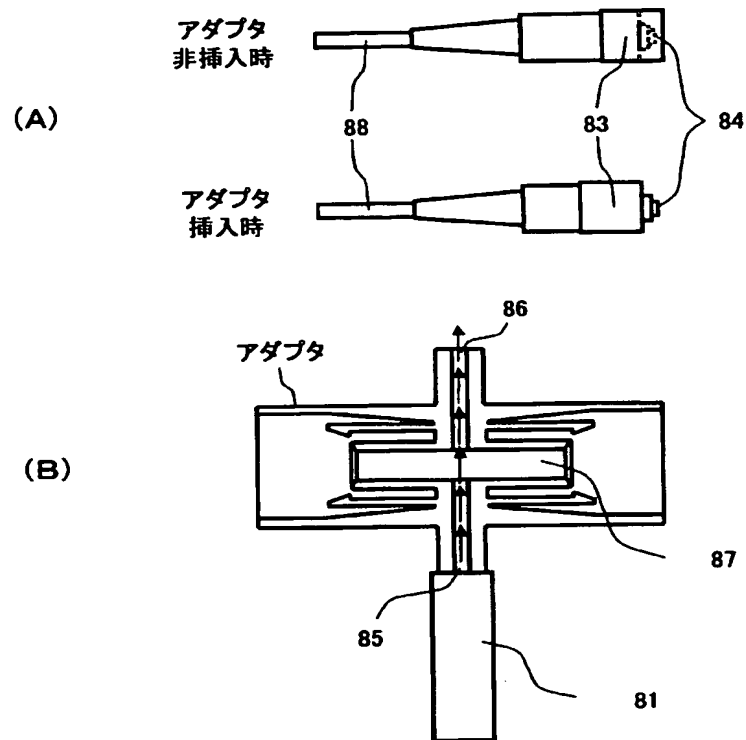


【図 14】

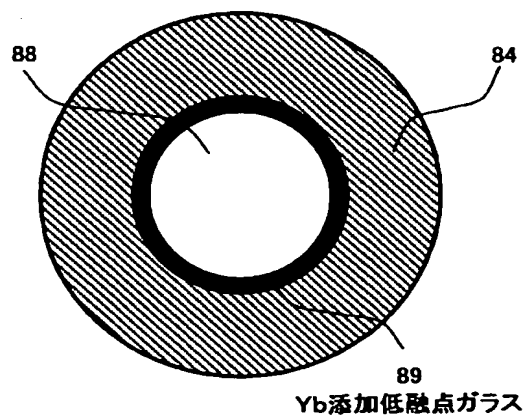
本発明の第5実施形態の構成



【図 15】

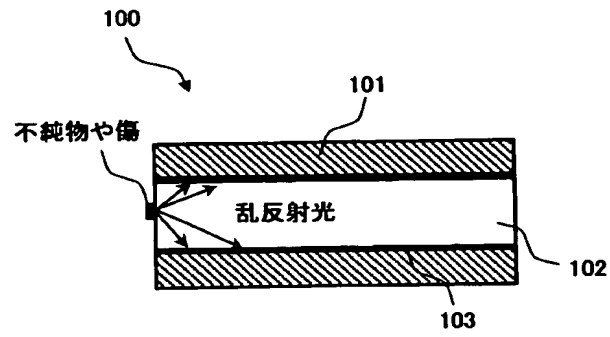


【図 16】



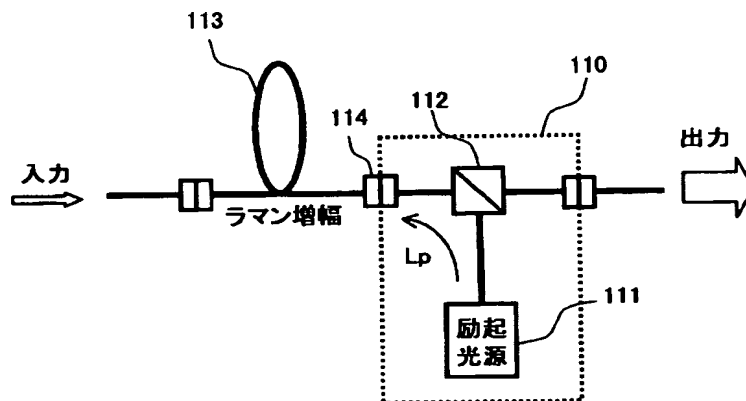
【図 17】

関連技術



【図 18】

関連技術



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 光路上の接続点における接続状態の劣化を正確に検出して、当該接続点を通過する光のパワーを確実に制御できる光増幅器を提供する。

【解決手段】 本発明の接続損失検出機能を備えた光増幅器は、励起ユニット A で発生する励起光 L_p を光増幅媒体 B に供給して信号光 L_s の増幅を行う構成について、励起ユニット A および光増幅媒体 B の間の光路に対して信号光 L_s とは異なる測定光 L_m を入射し、その光路内で発生する測定光 L_m の反射光および後方散乱光に基づいて、光路上に存在する 1 つ以上の接続点における接続損失を測定する接続損失測定部 C と、その接続損失測定部 C で測定される接続損失に応じて、励起ユニット A による励起光 L_p の供給状態を制御する制御部 D と、を備えたことを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 6 8 2 8 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社